

# ВЛИЯНИЕ СООТНОШЕНИЯ ОСЕВОЙ И СДВИГОВОЙ КОМПОНЕНТ ГОРЯЧЕЙ ДЕФОРМАЦИИ НА МЕХАНИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ И ЭВОЛЮЦИЮ ПЛАСТИНЧАТОЙ МИКРОСТРУКТУРЫ В СПЛАВЕ BT5-1

Калинина И.М., Бердин Н.В.

Руководитель – доц., к.т.н. Бердин В.К.

Уфимский Государственный Авиационный Технический Университет,  
г. Уфа, jerrycallin@ya.ru (jerrycallin@rambler.ru)

На примере однофазного  $\alpha$ -титанового сплава BT5-1 проведено исследование влияния разворота вектора деформации на механическое поведение, эволюцию грубой пластинчатой микроструктуры, и формирование кристаллографической текстуры при горячей деформации в условиях монотонного одно и двухкомпонентного нагружения. В качестве исходного материала в работе использован горячекатаный прутки диаметром 40,0 мм

$\alpha$ -титанового сплава BT5-1 (Ti-5,0Al-2,5Sn). Грубая пластинчатая микроструктура в образцах получена отжигом в однофазной области при  $T=1100\text{ }^{\circ}\text{C}$  в течение одного часа с последующим охлаждением с печью. После проведенной термической обработки микроструктура имела следующие параметры: размер  $\beta$  - превращенного зерна  $D_{\beta} = 900,0\text{ мкм}$ ; длина  $\alpha$  - пластин  $l_{\alpha} = 420,0\text{ мкм}$ ; толщина  $\alpha$  - пластин  $b_{\alpha} = 16,8\text{ мкм}$ ; коэффициент формы частиц  $\alpha$ - фазы  $K_{\alpha} = 23,8$ .



Рисунок 1. Схема нагружения

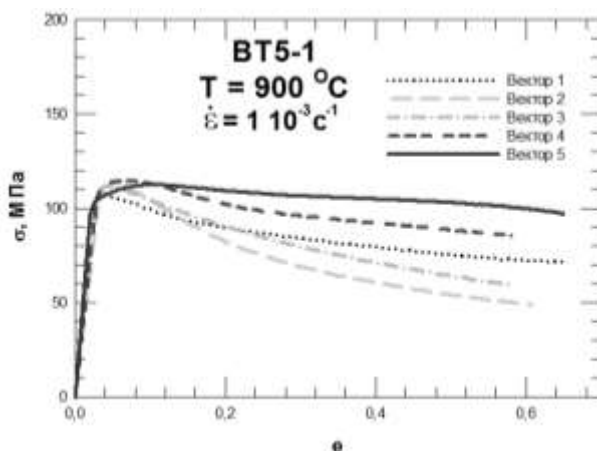


Рисунок 2. Зависимость истинных напряжений от истинной деформации

Механические испытания цилиндрических образцов с диаметром рабочей части 10,0 мм и длиной 30,0 мм выполняли на установке сложного нагружения [1] при постоянной скорости деформации, в изотермических условиях. Температура деформации в экспериментах соответствовала однофазной  $\alpha$  – области для сплава ВТ5-1. Режимы нагружения были следующими:  $T = 900\text{ }^{\circ}\text{C}$ , интенсивность скорости деформации  $\dot{\epsilon} = 1,0 \cdot 10^{-3}\text{ с}^{-1}$ . Деформирование образцов проведено по следующим схемам нагружения (рис. 1). Кручение – вектор 1, растяжение – вектор 5, и три варианта пропорционального (кручение + растяжение) нагружения с разным соотношением осевой к крутящей компоненте: 7:3 – вектор 2, 1:1 – вектор 3, 3:7 – вектор 4.

Результаты механических испытаний (рис. 2) показали, что во всех пяти случаях идет процесс разупрочнения. Так соотношение конечного напряжения течения к максимальному напряжению течения для вектора: 1 – 0,669; 2 – 0,432; 3 – 0,527; 4 – 0,725; 5 – 0,863. При этом процесс разупрочнения был максимален для случая 2. Таким образом можно сделать предположение о том, что сочетание осевой и сдвиговой деформации в большей степени способствует процессу рекристаллизации чем однокомпонентное нагружение.

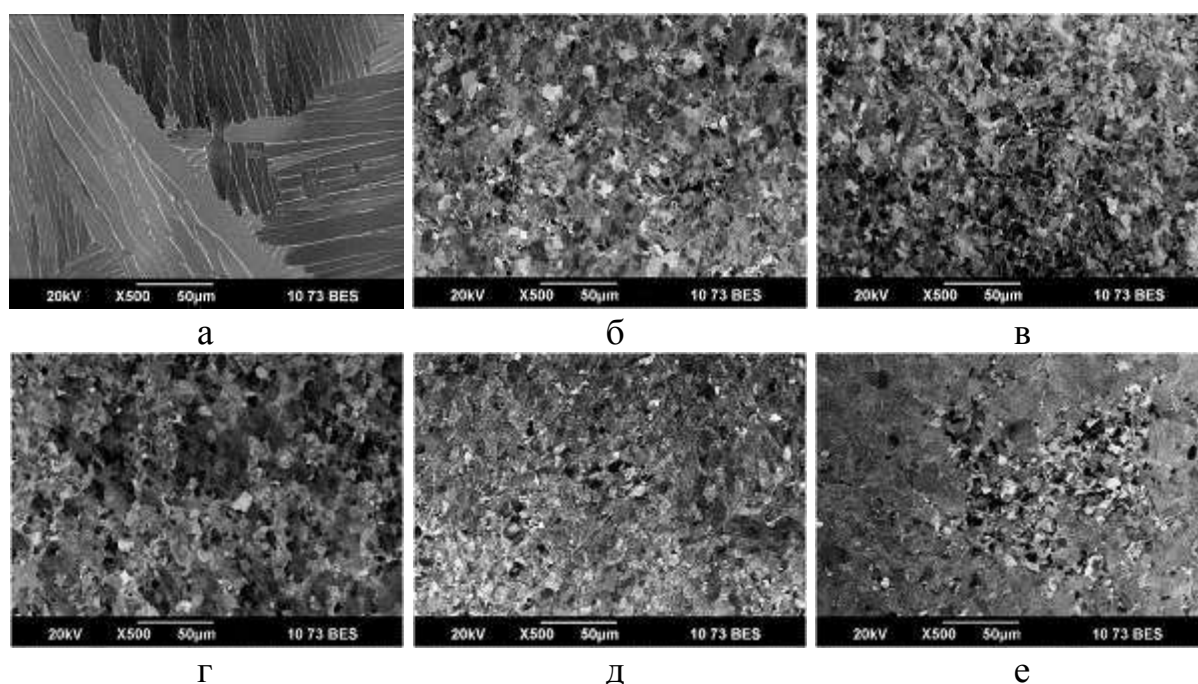


Рисунок 3. Микроструктура в сплаве ВТ5-1:

- а – после отжига при  $T = 1100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; б – вектор деформации 1;  
в – вектор деформации 2; г – вектор деформации 3;  
д – вектор деформации 4; е – вектор деформации 5

Результаты металлографического анализа, проведенные на растровом электронном микроскопе JEOL6490 LV показали, что при всех

изучаемых схемах нагружения происходит преобразование исходной крупнокристаллической микроструктуры в микрокристаллическую, глобулярного типа. При этом средний размер зерна для всех случаев нагружения оставался практически одинаковым  $d_{cp} = 7,6$  мкм. Коэффициент формы рекристаллизованной структуры был также одинаков и равен  $K_\alpha = 1,67$ . При этом, объем рекристаллизованной структуры зависел от соотношения крутящей к растягивающей компоненте нагружения. Так для вектора 1 он был равен ~52 %, для вектора 2 ~67 %, для вектора 3 ~ 63 %, для вектора 4 ~ 56 %, и для вектора 5 – 48 %.

При проведении рентгеноструктурного анализа на деффрактomete Rigaku Ultima IV (медный анод) с использованием методик работы [2] было установлено, что для всех случаев нагружения наблюдается как образование текстуры, так и ее размытие. Размытие текстурных максимумов усиливается с уменьшением растягивающей и увеличением крутящей компонент нагружения (табл. 1).

Таблица 1. Интенсивность дифракционных максимумов основных плоскостей отражения при съемке прямых полюсных фигур

Соотношение (кр-ние/раст-ние)	Головка образца			Рабочая часть образца		
	(10-10)	(0002)	(10-11)	(10-10)	(0002)	(10-11)
Вектор 1 (1:0)	6028	24213	19148	485	681	1363
Вектор 2 (7:3)	2790	17616	12497	937	1989	1956
Вектор 3 (1:1)	5122	33874	19257	1067	3500	4234
Вектор 4 (3:7)	3014	20188	11031	701	1764	1923
Вектор 5 (0:1)	1500	9982	6938	1484	9700	3357

На основе полученных экспериментальных результатов механических испытаний, микроструктурного и рентгеноструктурного анализов можно сделать вывод о том, что соотношение осевой и сдвиговой компоненты нагружения способствует развитию процесса динамической рекристаллизации в сплаве BT5-1 аналогично работе[3]. При этом наилучший эффект получен для случая деформирования образцов по схеме деформации - вектор 2, когда вклад крутящей компоненты нагружения несколько больше чем растягивающей.

Используемые литературные источники:

1. Кайбышев О.А., Васин Р.А., Бердин В.К., Кашаев Р.М. Установка для изучения больших пластических деформаций материалов в условиях сложного нагружения. КИП N 4 1999, с.8-11/
2. Бородкина М.М., Спектор Э.Н. Рентгенографический анализ текстуры металлов и сплавов. М.: Металлургия, 1981, 272 с.
3. Kaibyshev O.A., Berdin V.K., Karavaeva M.V., Kashaev R.M., Syutina L.A. Relationship between mechanical properties, microstructure and parameters of thermomechanical processing under complex loading conditions in titanium alloy Ti-6.5Al-3.5Mo-1.6Zr-0.27Si. In: Titanium'99 Proc.of The 9<sup>th</sup> World Conf. St.Pet. Russia, 1999. CRISM "Prometey", 2000, pp.375-382.